

氏名(本籍)	三上 弾 (東京都)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第6071号		
学位授与年月日	平成24年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	メモリベースパーティクルフィルタの提案と顔姿勢追跡への適用に関する研究		
主査	筑波大学教授	工学博士	平井有三
副査	筑波大学教授	博士(工学)	牧野昭二
副査	筑波大学教授(連携大学院)	工学博士	坂上勝彦 (産業技術総合研究所)
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	亀山啓輔
副査	筑波大学准教授(連携大学院)	博士(工学)	佐藤雄隆 (産業技術総合研究所)
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	福井和広

### 論文の内容の要旨

本論文は、コンピュータビジョンの主要な課題であるオブジェクト姿勢追跡のための新しいアルゴリズム、“メモリベースパーティクルフィルタ”を提案している。メモリベースパーティクルフィルタは、物体追跡のための代表的な方法であるパーティクルフィルタの理論拡張であり、過去のある状態が再び現れる確率を時間軸上の確率分布としてモデル化している点に大きな特徴がある。このような考えに基づく事前確率分布の予測は“メモリベース事前確率分布予測”と名付けられている。提案法は、オブジェクトの激しい動きや遮蔽により一時的に対象が観測できない状況が発生しても、事前確率分布の予測が継続的に可能であり、これにより安定かつ高精度な物体追跡が実現できることが述べられている。

さらに本論文では、メモリベースパーティクルフィルタに基づく顔姿勢追跡に関して、3つのアプリケーションが提案されている。第1はメモリベース顔姿勢追跡である。ここでは、位置・姿勢の履歴を蓄積することで、位置・姿勢の事前確率分布が予測でき、激しい動きに対しても、頑健な追跡の継続、および遮蔽による追跡失敗からの迅速な追跡再開が実現できることが述べられている。第2はアピアランス統合メモリベース顔姿勢追跡である。アピアランス統合メモリベース顔姿勢追跡では、位置・姿勢に加えて、アピアランス(顔の見え方)も状態ベクトルとして履歴に蓄積され、事前確率分布の予測に利用されている。この方法により、姿勢変化に伴ってアピアランスが大きく変化する対象に対しても、頑健な追跡が実現できることが示されている。第3は検出統合メモリベース顔姿勢追跡である。メモリベースパーティクルフィルタは、過去の履歴に基づいた予測を行っているために、遮蔽が頻繁に起こる環境など、適切な履歴蓄積が困難な状況では高い性能を発揮できない。そこで、検出統合メモリベース顔姿勢追跡では、顔検出器を用いて蓄積された履歴を、メモリベース事前確率分布予測に利用することで、より頑健な追跡を試みている。

本論文は以下の7章から構成されている。1章では研究の背景と目的が述べられている。2章では、オブジェ

クト追跡手法における関連研究が概説されている。3章では、メモリベースパーティクルフィルタおよびメモリベース事前確率分布予測が提案されている。ここでは、メモリベースパーティクルフィルタの最大の特徴が事前確率分布予測方法にあり、過去の長期の履歴に基づいて将来の状態を予測できることが示されている。4章では、メモリベースパーティクルフィルタによる顔姿勢追跡であるメモリベース顔姿勢追跡が提案されている。この方法により、激しい動きに対する頑健性と、遮蔽などにより追跡対象を見失った状態からの迅速な追跡再開が得られることが実験的に確認されている。5章では、アピアランス統合メモリベース顔姿勢追跡が提案されている。提案法は第4章で実現した頑健性に加えて、姿勢変化によるアピアランスの変化に対する頑健性も同時に備えていることが示されている。6章では、メモリベース事前分布予測に加え、顔検出に基づく事前分布予測が導入されて、検出統合メモリベース顔姿勢追跡が構築されている。本方法により、履歴が存在しない状況でも、オクルージョンが解消した場合に即座に追跡再開が可能であることが、実験により確認されている。7章では、まとめと今後の課題が述べられている。

### 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文で提案されている“メモリベースパーティクルフィルタ”は、従来のパーティクルフィルタにおける事前分布推定の精度・安定性を大幅な向上するものであり、極めて斬新である。さらに、コンピュータビジョンにおける重要な課題である顔領域追跡に、提案フィルタが適用できることを具体的に示し、その有効性を多角的かつ定量的に検証している。この点は実用性の観点から高く評価できる。以上の提案法の独創性、実用性を鑑みても、本論文で展開されている研究は、学術的かつ実用的にも価値のある内容であることは明白であり、本論文は十分に博士論文に値すると評価できる。提案法の汎用性は極めて高く、適用先は顔領域の姿勢・追跡に限るものではない。今後、顔領域に比べてより複雑な動きを伴う全身像の姿勢・追跡への適用を期待する。

平成24年1月26日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。